

[Title of the Invention]      EXPOSURE APPARATUS AND METHOD  
FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE USING THE SAME  
[Claims]

[Claim 1]    An exposure apparatus for transmitting a pattern exposed onto a substrate, comprising:

    detecting means for indirectly detecting a light intensity on said substrate by splitting the exposure light;

    memory means for storing information on changes caused through an exposure history of transmittance of optical units provided between the unit splitting said exposure light and said substrate; and

    controlling means for controlling the exposure level on said substrate by computing a compensation value from the information stored in the latest exposure history and in the memory means, for correcting a detected result of said detecting means, and by correcting the detected result according to said compensation value.

[Claim 2]    An exposure apparatus according to Claim 1, wherein said exposure history includes a time consumed in applying said exposure light.

[Claim 3]    An exposure apparatus according to Claim 1, wherein said exposure history includes a time elapsed after the application of said exposure light is suspended.

[Claim 4]    An exposure apparatus according to one of Claims 1 to 3, wherein said exposure light includes excimer

laser light.

[Claim 5] An exposure apparatus for transmitting a pattern exposed onto a substrate, comprising:

detecting means for indirectly detecting a light intensity on said substrate by splitting the exposure light;

memory means for storing information on changes caused by an environmental change of transmittance of optical units provided between the unit splitting said exposure light and said substrate; and

controlling means for controlling the exposure level on said substrate, by computing a compensation value from the information stored in the latest exposure history and in said memory means, for correcting a detected result of said detecting means, and by correcting the detected result according to said compensation value.

[Claim 6] An exposure apparatus according to Claim 5, wherein said environmental change includes a change in humidity.

[Claim 7] An exposure apparatus according to Claim 5, wherein said environmental change includes a change in temperature.

[Claim 8] An exposure apparatus according to one of Claims 5 to 7, wherein said exposure light includes excimer laser light.

[Claim 9] A method for manufacturing a semiconductor

device, comprising the steps of:

transmitting a pattern exposed onto a substrate by an exposure apparatus according to one of Claims 1 to 8; and developing said substrate.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Field of the Invention]

The present invention relates to exposure apparatuses and a method for manufacturing semiconductor devices by using the exposure apparatuses. More specifically, the present invention relates to a method for manufacturing a semiconductor device, such as an IC, or LSI, in which a proper amount of exposure light is constantly applied to a wafer for obtaining a high precision projected pattern image in a projection of an electric circuit pattern formed on a reticle onto the wafer through an optical projection system (projection lenses).

[0002]

[Description of the Related Art]

Hitherto, projection exposure apparatuses have been widely used for manufacturing semiconductor devices, such as ICs and LSIs, whereby high resolution and high throughput are relatively easily obtainable. In the projection exposure apparatuses, a step-and-repeat exposure method is widely applied rather than a full wafer exposure method. In

the step-and-repeat exposure method, the wafer is moved, after a region thereof is exposed once, for another region to be exposed, the process being repeated to complete pattern formation over the entire region of the wafer, while, in the full wafer exposure method, the pattern formation over the entire region of the wafer is performed by exposing the wafer once.

[0003]

The optical projection system above projects the electric circuit pattern formed on the reticle on the wafer while demagnifying by a predetermined projection magnification factor of, for example,  $1/5$  or  $1/10$ . The image quality of the pattern transmitted onto the wafer is substantially affected by the performance of an illumination apparatus, for example, the amount of irradiation (the amount of exposure) on the irradiated surface, fluctuations thereof, etc.

[0004]

The applicant of the present application proposes a light-intensity controlling apparatus particularly suitable for an exposure apparatus for manufacturing semiconductor devices, in which the amount of irradiation on an irradiated surface is controlled to be a predetermined value. The light-intensity controlling apparatus is disclosed in, for example, Japanese Patent Laid-Open No. 62-187815, Japanese

Patent Laid-Open No. 63-193130, and Japanese Patent Laid-Open No. 4-48714.

[0005]

In Japanese Patent Laid-Open No. 4-48714 in particular, an exposure apparatus is proposed in which an incident light flux in the light path between a light source and an irradiated surface is amplitude-split, one split light flux being applied onto a surface to be irradiated (a reticle), the other split light flux being led through a half mirror (an optical splitting unit) to an optical detecting unit for detecting the split light to control the amount of irradiation on the irradiated surface, that is, the amount of exposure of a wafer face.

[0006]

[Problems to be Solved by the Invention]

The above-described method is based on the fact that the ratio of the incident light intensity received by the optical detecting unit to the amount of exposure on the wafer is constant. In the method, a light splitting unit is disposed in the light path between the light source and the irradiated surface, one of the light fluxes split by the light splitting unit is directed to the irradiated surface, the other light flux is directed to the optical detecting unit, and the amount of exposure of the wafer is controlled by utilizing signals generated from the optical detecting

unit.

[0007]

It is difficult to apply the proper amount of exposure to the wafer by using the signals from the optical detecting unit, in which transmittance of optical elements varies, with a time lapse, with the absorption of the exposure light by each optical element in the light path from the light splitting unit to the wafer, and it varies with the change in the environment (humidity, temperature, etc.).

[0008]

Accordingly, an object of the present invention is to provide an exposure apparatus and a method for manufacturing semiconductor devices using the exposure apparatus, in which the amount of exposure onto a wafer face can be properly controlled when transmittance of optical elements in a light path from a light splitting unit to the wafer varies, or when the transmittance varies with environmental changes.

[0009]

[Means for Solving the Problems]

(1-1) An exposure apparatus for transmitting a pattern exposed onto a substrate, according to a first aspect of the invention, comprises a detector for indirectly detecting a light intensity on the substrate by splitting the exposure light; a memory unit for storing information on changes caused through an exposure history of transmittance of

optical units provided between the unit splitting the exposure light and the substrate; and a controlling unit for controlling the exposure level on the substrate, by computing a compensation value from the information stored in the latest exposure history and in the memory unit, for correcting a detected result of the detector, and by correcting the detected result according to the compensation value.

(1-1-1) The exposure history according to the first aspect of the invention may include a time consumed in applying the exposure light.

(1-1-2) The exposure history according to the first aspect of the invention may include a time lapse after the application of the exposure light is suspended.

(1-1-3) The exposure light according to the first aspect of the invention may be a light, such as excimer laser light.

[0010]

(2-1) An exposure apparatus for transmitting a pattern exposed onto a substrate according to a second aspect of the invention, comprises a detector for indirectly detecting a light intensity on the substrate by splitting the exposure light; a memory unit for storing information on changes caused by an environmental change of transmittance of optical units provided between the unit splitting the

exposure light and the substrate; and a controlling unit for controlling the exposure level on the substrate by computing a compensation value from the information stored in the latest exposure history and in the memory unit, for correcting a detected result of the detector, and by correcting the detected result according to the compensation value.

(2-1-1) The environmental change according to the second aspect of the invention may be a change in humidity.

(2-1-2) The environmental change according to the second aspect of the invention may be a change in temperature.

(2-1-3) The exposure light according to the second aspect of the invention may be a light, such as excimer laser light.

[0011]

(3-1) A method for manufacturing a semiconductor device, according to a third aspect of the present invention, comprises the steps of transmitting a pattern exposed onto a substrate by an exposure apparatus according to the present invention; and developing the substrate.

[0012]

[Description of the Embodiments]

Fig. 1 is a schematic diagram of a critical portion according to a first embodiment of the present invention.



[0013]

Numeral 2 in Fig. 1 represents an elliptical reflector. A light-generating tube 1 which is a light source includes a high-luminance light-generating unit 1a for emitting ultra-violet rays, far ultra-violet rays, etc. The light-generating unit 1a is disposed in the vicinity of a first focal point of the elliptical reflector 2. A cold mirror 3 including multi-layer films substantially transmits infra-red rays and substantially reflects ultra-violet rays. The elliptical reflector 2 provides an image 1b of the light-generating unit 1a (an image of the light source) in the vicinity of a second focal point through the cold mirror 3. A shutter 4 is disposed in the vicinity of the second focal point of the elliptical reflector 2.

[0014]

An optical system 5 transmits the image 1b of the light generating unit formed in the vicinity of the second focal point onto an incident surface 6a of an optical integrator 6. The optical integrator 6 includes a plurality of micro-lenses 6-i ( $i=1$  to  $N$ ) being two-dimensionally disposed at a predetermined pitch. Secondary light sources are provided in the vicinity of an exit surface 6b of the optical integrator 6.

[0015]

Numeral 7 represents a condenser lens. A plurality of

light fluxes emitted from the secondary light source in the vicinity of the exit surface 6b of the optical integrator 6 are condensed by the condenser lens 7, some of the light fluxes being reflected by a half mirror 8, which are directed toward a masking blade 10 to evenly illuminate the surface of the masking blade 10. The masking blade 10 includes a plurality of movable light-shielding blades, in which an aperture of a given shape is formed.

[0016]

An integrating light intensity detector 9 detects the light fluxes passing through the half mirror 8, and it indirectly detects the amount of exposure on a wafer 14 which is described below. An imaging lens 11 transmits the aperture figure of the masking blade 10 to a reticle 12 which is an irradiated surface to evenly irradiate a desired region of the reticle 12.

[0017]

An optical projection system 13 projects, in a reduced magnification, a circuit pattern formed on the reticle 12 to the wafer 14 (a substrate) provided on a wafer chuck 15. Numeral 16 represents a wafer stage.

[0018]

An exposure-level detector 17 is disposed so that the incident surface thereof is substantially flush with the wafer 14. The exposure-level detector 17 detects the entire

light flux applied on the masking blade 10, with the area of the masking blade 10 reduced to that of wafer 14 being set to a 10-mm square, thereby detecting actual irradiation on the wafer 14, which is the exposure level on the wafer 14.

[0019]

A computing unit 19 includes a memory unit which stores information, such as information on changes in transmittance caused by the exposure history of the optical elements disposed in the light path from the light splitting unit 8 to the wafer 14, and the information on the changes in transmittance caused by environmental changes. The computing unit 19 determines the exposure level on the wafer 14 in accordance with the signals from the integrating light intensity detector 9 and the information on the changes in transmittance stored in the memory unit. The computing unit 19 controls the opening-and-closing of the shutter 4, thereby controlling the exposure level on the wafer 14.

[0020]

The computing unit 19 determines the exposure level on the wafer 14 also by using a measurement result of the amount of irradiation measured by the integrating light intensity detector before a pattern transmission, and a measurement result given by the exposure level detector 17.

[0021]

According to the embodiment, the pattern formed on the

reticle 12 is transmitted to the wafer by properly setting the exposure level on the wafer 14, as described above. Thereafter, a semiconductor device is manufactured through a predetermined developing process.

[0022]

Following is a description of a method for controlling the exposure level on the wafer 14 by the computing unit 19 according to the embodiment.

[0023]

An experiment gave a parameter of the changes in the transmittance between the light splitting unit 8 and the wafer, which are caused through the exposure history.

[0024]

Figs. 2 to 4 are graphs showing changes, with time  $t$  on horizontal axes, of the ratio of an irradiation  $I_1$  measured by the integrating light intensity detector 9 during exposure and non-exposure, to an actual irradiation  $I_2$  on the wafer 14. The ratio (a compensation value) is represented by  $\phi$  ( $=I_1/I_2$ ).

[0025]

In Fig. 2, ratio  $\phi$  of the first exposure (at time  $t=t_0$ ) is 1. The ratio is, hereinafter, referred to as an exposure compensation value.

[0026]

In Fig. 2, intervals A, C, and E show changes of the

exposure compensation value  $\phi$  during exposures, and intervals B and D show changes of the exposure compensation value  $\phi$  during non-exposure.

[0027]

Exposure compensation value  $\phi_k$  at time  $t=t_k$  in interval A, in which the exposure starts at time  $t=t_0$ , is expressed by the following expression.

$$\phi_k = f_1(t_k - t_0, e_A, e_B, \phi_0) \dots (1)$$

[0028]

Symbol  $e_A$  represents the amount of light incident on the imaging lens 11 in a unit time, symbol  $e_B$  represents the amount of light incident on an optical projection system B in unit time, and symbol  $\phi_0$  represents the exposure compensation value immediately before the exposure starts. In this case, the exposure compensation value  $\phi_0$  is 1. With the light intensities  $e_A$  and  $e_B$  depending on the reflected light from the light splitting unit 8, the aperture area  $S_m$  of the masking blade 10, and the average transmittance  $R_r$  of the reticle 12, the expression (1) is reduced to the following expression.

$$\phi_k = f_2(t_k - t_0, I_1, S_m, R_r, \phi_0) \dots (2)$$

[0029]

The computing unit 19, with an input of or by automatically reading the aperture area  $S_m$  of the masking blade 10 and the average transmittance  $R_r$ , when starting the

exposure, computes exposure compensation value  $\phi$  which momentarily varies, thereby controlling the exact level of exposure in accordance with the exposure compensation value  $\phi$ .

[0030]

When the exposure is suspended at time  $t=t_1$  and it is restarted at time  $t=t_2$ , the exposure compensation value  $\phi_1$  at time  $t=t_1$  is computed by expression  $\phi_1 = f_2 (t_1 - t_0, I_1, S_m, R_r, \phi_0)$ , and the exposure compensation value  $\phi_2$  at time  $t=t_2$  is computed by expression  $\phi_2 = f_3 (t_2 - t_1, \phi_1)$ . Exposure compensation value  $\phi_j$  at time  $t_j$  after the exposure started is computed by expression  $\phi_j = f_2 (t_j - t_2, I_1, S_m, R_r, \phi_2)$ . The exposure compensation value at any time can always be computed with the latest exposure history (exposure time and non-exposure time) obtained by storing information on the immediately preceding exposure compensation value and the time lapse. Functions  $f_2$  and  $f_3$  have been obtained from an experiment.

[0031]

According to the present embodiment, the change of the exposure compensation value  $\phi$  is momentarily computed, thereby controlling the exposure level at each shot of the exposure. The exposure compensation value  $\phi$  may be computed by each wafer which receives one shot or a plurality of shots of exposure, because the time elapsed in one shot of

the exposure is very short and the exposure compensation value scarcely changes.

[0032]

Fig. 3 is a graph showing exposure compensation values by computing an exposure compensation value  $\phi$  at each shot of exposure. Changes of the exposure compensation value between each shot of the exposure are shown by dotted lines, a first shot of the exposure being performed in time  $t_0$  to  $t_1$ , a second shot of the exposure in time  $t_2$  to  $t_3$ , and a third shot of the exposure in time  $t_4$  to  $t_5$ .

[0033]

In the present embodiment, exposure compensation values  $\phi_1$ ,  $\phi_2$ , and  $\phi_3$  are used, being fixed in each of the first, the second, and the third shots of the exposure, respectively. The computation of each exposure compensation value ( $\phi_1$ ,  $\phi_2$ ,  $\phi_3$  ...) is the same as in the first embodiment.

[0034]

Fig. 4 is a graph showing exposure compensation values, each exposure compensation value being computed for a wafer for exposure on each wafer. The exposure on a first wafer is performed in time  $t_0$  to  $t_1$ , and the exposure on a second wafer is performed from time  $t_2$ . The exposure of each wafer includes multiple shots of the exposure.

[0035]

According to the present embodiment, the exposure

compensation value is fixed in the exposure on each wafer. The exposure compensation value  $\phi_1$  may be computed based on the exposure compensation values momentarily computed from the repeated exposures and non-exposures in one set of exposure on a wafer, or the exposure compensation value  $\phi_1$  may be computed based on an average incident light intensity considering multiple shots of exposure as one exposure on the wafer, as the time elapsed in each shot is very short.

[0036]

When transmittance varies with environmental changes, an additional compensation is preferably applied, which is computed from a result of monitoring the environmental changes by a sensor which is not shown.

[0037]

Fig. 5 is a schematic diagram of a critical portion according to a second embodiment of the present invention.

[0038]

According to the second embodiment, a light source, such as a KrF excimer laser, for generating pulsed light is applied, which is different from the light source applied in the first embodiment. The other arrangements are the same as in the first embodiment.

[0039]

As the exposures and non-exposures are repeated in a shot of exposure, the concept of the above-described average



incident light intensity is applied to the present embodiment.

[0040]

An exposure compensation value may be computed by calibrating the exposure level on the wafer at each shot of exposure, by each wafer, or by each wafer lot with the exposure level detector 17, while the exposure compensation value is, according to the present embodiments, computed by using the exposure history.

[0041]

The calibration may be performed in every certain period for correcting the error between the computed exposure compensation value and the actual exposure value.

[0042]

[Advantage]

According to the present invention, the exposure level on wafers can be properly controlled, as described above, in spite of transmittance of optical elements in the light path from the light splitting unit to the wafer changing with a time lapse, or with environmental changes (humidity, temperature, etc.).

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1]

Fig. 1 is a schematic diagram of a critical portion according to a first embodiment of the present invention.

[Fig. 2]

Fig. 2 is a graph showing exposure compensation values according to the first embodiment of the present invention.

[Fig. 3]

Fig. 3 is a graph showing the exposure compensation values according to the first embodiment of the present invention.

[Fig. 4]

Fig. 4 is a graph showing the exposure compensation values according to the first embodiment of the present invention.

[Fig. 5]

Fig. 5 is a schematic diagram of a critical portion according to a second embodiment of the present invention.

[Reference Numerals]

- 1 and 20: light source
- 2: elliptical reflector
- 3: cold mirror
- 4: shutter
- 5: optical system
- 6: optical integrator
- 7: condenser lens
- 8: light splitting unit
- 9: integrating light intensity detector
- 10: masking blade

- 11: imaging lens
- 12: reticle
- 13: optical projection system
- 14: wafer
- 17: exposure level detector
- 19: computing unit

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-204113

(43)公開日 平成6年(1994)7月22日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 7/20

5 2 1

7316-2H

7352-4M

H 0 1 L 21/ 30

3 1 1 L

審査請求 未請求 請求項の数3(全 6 頁)

(21)出願番号

特願平4-360793

(22)出願日

平成4年(1992)12月28日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 塩澤 崇永

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キ

ヤノン株式会社小杉事業所内

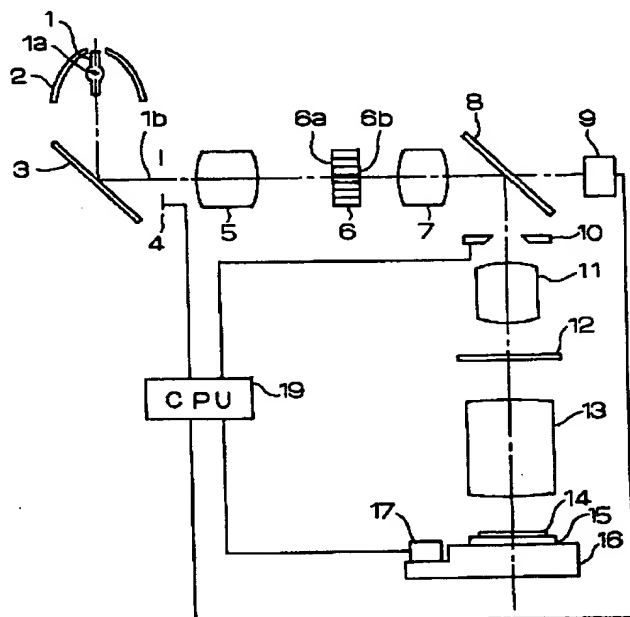
(74)代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54)【発明の名称】 投影露光装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法

(57)【要約】

【目的】 ウエハ面上への露光量を適切に制御し、高解像度のパターンが得られる投影露光装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法を得ること。

【構成】 光源からの光束を照明装置により被照射面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系により基板面上に投影し露光する際、該照明装置は該光源と該被照射面との間に入射光束を2つの光束に分割し、一方の光束を該被照射面側に、他方の光束を検出器に導光する光分割部材、そして該光分割部材から該基板に至る光学系の透過率の変動情報を記憶した演算手段とを有しており、該演算手段は該透過率の変動情報と該検出器からの測定結果とを用いて該基板面上への露光量を決定していること。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの光束を照明装置により被照射面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系により基板面上に投影し露光する際、該照明装置は該光源と該被照射面との間の光路中に入射光束を少なくとも2つの光束に分割し、そのうち一方の光束を該被照射面側に、他方の光束を積算光量検出器に導光する光分割部材、そして該光分割部材から該基板に至る光学系の透過率の変動情報を記憶した演算手段とを有しており、該演算手段は該透過率の変動情報と該積算光量検出器からの積算光量測定結果とを用いて該基板面上への露光量を決定していることを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 光源からの光束を照明装置により被照射面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系により基板面上に投影し露光する際、該照明装置は該光源と該被照射面との間の光路中に入射光束を少なくとも2つの光束に分割し、そのうち一方の光束を該被照射面側に、他方の光束を積算光量検出器に導光する光分割部材、該基板相当面上に設けた該基板に入射する露光量を検出する露光量検出器、そしてパターン転写前に該積算光量検出器で求めた測定結果と該露光量検出器で求めた測定結果とを用いて該基板への露光量を決定する演算手段とを有していることを特徴とする投影露光装置。

【請求項3】 光源からの光束を照明装置によりレチクル面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系によりウエハ面上に投影し露光した後に、該ウエハを現像処理工程を介して半導体素子を製造する際、該照明装置は該光源と該被照射面との間の光路中に入射光束を少なくとも2つの光束に分割し、そのうち一方の光束を該被照射面側に、他方の光束を積算光量検出器に導光する光分割部材、そして該光分割部材から該基板に至る光学系の透過率の変動情報を記憶した演算手段とを有しており、該演算手段は該透過率の変動情報と該積算光量検出器からの積算光量測定結果とを用いて該基板面上への露光量を決定していることを特徴とする半導体素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は投影露光装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法に関し、特にIC、LSI等の半導体素子を製造する際にレチクル面上の電子回路パターンを投影光学系（投影レンズ）によりウエハ面上に投影するとき、該ウエハ面上に常に適正な露光量を与え高精度な投影パターン像が得られるようにしたものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来よりIC、LSI等の半導体素子製造用に高解像力、高スループット化が比較的容易な投影露光装置（アライナー）が多く用いられている。この投影露光装置では1回の露光によりウエハ面全体にパター

ン像を形成する一括露光方式に比べ、1回の露光が終了する毎にウエハを移動しながら他の領域を露光し、このような露光を順次複数回繰り返すことにより、ウエハ面全体にパターン像を形成していくステップアンドリピート露光方式が多く用いられている。

【0003】 このとき投影光学系はレチクル面上の電子回路パターンをウエハ面上に所定の投影倍率、例えば1/5又は1/10で縮小投影している。この場合、ウエハ面上に転写されるパターンの像質は照明装置の性能、例えば被照射面上の照射光の量（露光量）やその変動等に大きく影響される。

【0004】 本出願人は被照射面上の照射光量が所定値となるように制御した、特に半導体製造用の露光装置に好適な光量制御装置を例えば特開昭62-187815号公報や特開昭63-193130号公報、そして特開平4-48714号公報等で提案している。

【0005】 特に特開平4-48714号公報では光源と被照射面との間の光路中に入射光束を2つの光束に振幅分割し、そのうち一方の光束を被照射面（レチクル）側に、他方の光束を光検出器に導光するハーフミラー（光分割部材）を配置し、該ハーフミラーを介した光束を光検出器で検出することにより被照射面上への照射光量、即ちウエハ面上の露光量を制御するようにした露光装置を提案している。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 光源と被照射面との間の光路中に光分割部材を配置し、光分割部材で分割した2つの光束のうち、一方の光束を被照射面側に、他方の光束を光検出器に導光し、該光検出器で得られる信号を利用して被照射面、即ちウエハ面への露光量を制御する方法は光検出器への入射光量とウエハ面上への露光量との比が常に一定であるということを前提としている。

【0007】 しかしながら光分割部材からウエハに至る光路中の各光学要素が露光光を吸収して、経時的に透過率が変化したり環境（湿度・温度等）の変化により透過率が変化したりすると光検出器で得られる信号を用いてもウエハ面上に最適な露光量を与えることが難しくなってくる。

【0008】 本発明は光分割部材からウエハに至る光路中の各光学要素の露光履歴や環境変化による透過率の変動情報を予め求めて演算手段に記憶しておき、光検出器からの信号と演算手段に記憶しておいた透過率の変動情報とを利用することにより、ウエハ面上への露光光量を適切に制御し、高集積度の半導体素子が得られるようにした投影露光装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法の提供を目的とする。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明の投影露光装置は、

（1-1）光源からの光束を照明装置により被照射面上

のパターンを照明し、該パターンを投影光学系により基板面上に投影し露光する際、該照明装置は該光源と該被照射面との間の光路中に入射光束を少なくとも2つの光束に分割し、そのうち一方の光束を該被照射面側に、他方の光束を積算光量検出器に導光する光分割部材、そして該光分割部材から該基板に至る光学系の透過率の変動情報を記憶した演算手段とを有しており、該演算手段は該透過率の変動情報と該積算光量検出器からの積算光量測定結果とを用いて該基板面上への露光量を決定していることを特徴としている。

【0010】(1-2)光源からの光束を照明装置により被照射面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系により基板面上に投影し露光する際、該照明装置は該光源と該被照射面との間の光路中に入射光束を少なくとも2つの光束に分割し、そのうち一方の光束を該被照射面側に、他方の光束を積算光量検出器に導光する光分割部材、該基板相当面上に設けた該基板に入射する露光量を検出する露光量検出器、そしてパターン転写前に該積算光量検出器で求めた測定結果と該露光量検出器で求めた測定結果とを用いて該基板への露光量を決定する演算手段とを有していることを特徴としている。

【0011】又本発明の半導体素子の製造方法としては、

(1-3)光源からの光束を照明装置によりレチクル面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系によりウエハ面上に投影し露光した後に、該ウエハを現像処理工程を介して半導体素子を製造する際、該照明装置は該光源と該被照射面との間の光路中に入射光束を少なくとも2つの光束に分割し、そのうち一方の光束を該被照射面側に、他方の光束を積算光量検出器に導光する光分割部材、そして該光分割部材から該基板に至る光学系の透過率の変動情報を記憶した演算手段とを有しており、該演算手段は該透過率の変動情報と該積算光量検出器からの積算光量測定結果とを用いて該基板面上への露光量を決定していることを特徴としている。

【0012】

【実施例】図1は本発明の実施例1の要部概略図である。

【0013】図中2は楕円鏡である。1は光源としての発光管であり、紫外線及び遠紫外線等を放射する高輝度の発光部1aを有している。発光部1aは楕円鏡2の第1焦点近傍に配置している。3はコールドミラーであり、多層膜より成り、大部分の赤外光を透過すると共に大部分の紫外光を反射させている。楕円鏡2はコールドミラー3を介して第2焦点近傍に発光部1aの発光部像(光源像)1bを形成している。4はシャッターであり、楕円鏡2の第2焦点近傍に配置している。

【0014】5は光学系であり、第2焦点近傍に形成した発光部像1bをオプティカルインテグレータ6の入射面6aに結像させている。オプティカルインテグレータ

6は複数の微小レンズ6-i ( $i=1\sim N$ )を2次元的に所定のピッチで配列して構成しており、その射出面6b近傍に2次光源を形成している。

【0015】7は集光レンズである。オプティカルインテグレータ6の射出面6b近傍の2次光源から射出した複数の光束は集光レンズ7で集光され、光分割部材としてのハーフミラー8で一部の光束を反射させてマスキングブレード10に指向し、該マスキングブレード10面を均一に照明している。マスキングブレード10は複数の可動の遮光板より成り、任意の開口形状が形成されるようにしている。

【0016】9は演算光量検出器であり、ハーフミラー8を通過した光束を検出し、後述するウエハ14面上への露光量を間接的に検出している。11は結像レンズであり、マスキングブレード10の開口形状を被照射面としてのレチクル12面に転写し、レチクル12面上の必要な領域を均一に照明している。

【0017】13は投影光学系であり、レチクル12面上の回路パターンをウエハチャック15に載置したウエハ(基板)14面上に縮小投影している。16はウエハステージである。

【0018】17は露光量検出器であり、その受光面がウエハ14と略同一平面上になるように設けてある。露光量検出器17は、例えばマスキングブレード10をウエハ14面換算で10mm角に設定し、その全光束を検出し、ウエハ14面上における実照度、即ち露光量を検出するようにしている。

【0019】19は演算手段であり、その記憶部には予め求めた光分割部材8からウエハ14に至る光路中に配置した光学要素の露光履歴による透過率の変動情報や環境変化による透過率の変動情報が記憶されている。演算手段19は積算光量検出器9からの信号と記憶部に記憶している透過率の変動情報とを用いてウエハ14面上への露光量を決定している。そして演算手段19はシャッター4を開閉制御してウエハ14面上への露光量を制御している。

【0020】この他演算手段19はパターン転写前に積算光量検出器で求めた照射光量の測定結果と露光量検出器17で求めた測定結果とを用いてウエハ14面上への露光量を決定している。

【0021】本実施例では以上のようにして、ウエハ14面上への露光量を適切に設定することによりレチクル12面上のパターンをウエハ面に転写している。そして所定の現像処理過程を経て半導体素子を製造している。

【0022】次に本実施例の演算手段19によりウエハ14面上への露光量を制御する方法について説明する。

【0023】光分割部材8からウエハ14面に至る各光学要素の透過率が露光履歴による変動するパラメータは予め実験により求めている。

【0024】図2～図4は露光時及び非露光時における

積算光量検出器9上での照度(計測値)  $I_1$  とウエハ14面上での照度(実照度)  $I_2$  との比率(露光補正值)  $\phi (= I_1 / I_2)$  の変化を横軸に時間  $t$  をとって示した説明図である。

【0025】図2において、初めて露光を行なうとき( $t = t_0$ )、そのときの比率(以下「露光補正值」という)  $\phi$  を  $\phi = 1$  としている。

【0026】図中、区間A、C、Eは露光時の露光補正值  $\phi$  の変化、区間B、Dは非露光時の露光補正值  $\phi$  の変化を示している。

【0027】今、 $t = t_0$  より露光を開始する(区間A)。この区間A内のある時間( $t = t_K$ )における露

$$\phi_K = f_2(t_K - t_0, I_1, S_{\square}, R_r, \phi_0) \quad \dots (2)$$

と書き換えられる。

【0029】そして演算手段19に露光時にマスキングブレード10の開口面積  $S_{\square}$ 、レチクル12の平均透過率  $R_r$  を入力しておく(又は自動的に読み取る)ことにより、刻々と変わる露光補正值  $\phi$  を算出し、露光補正值  $\phi$  をもとに正確な露光量の制御を行なっている。

【0030】次に  $t = t_1$  で露光をやめ、 $t = t_2$  で再び露光を開始したとする。 $t = t_1$  における露光補正值  $\phi_1$  は  $\phi_1 = f_2(t_1 - t_0, I_1, S_{\square}, R_r, \phi_0)$  により算出され、 $t = t_2$  における露光補正值  $\phi_2$  は  $\phi_2 = f_3(t_2 - t_1, \phi_1)$  により算出される。露光開始後、 $t = t_j$  における露光補正值  $\phi_j$  は  $\phi_j = f_2(t_j - t_2, I_1, S_{\square}, R_r, \phi_2)$  により算出される。このように露光履歴により直前の露光補正值と経過時間を記憶しておくことにより、現在の露光補正值を常に算出することができる。尚、関数  $f_2$ 、 $f_3$  は実験により予め求めている。

【0031】本実施例では露光中における露光補正值  $\phi$  の変化を刻々と算出してゆき、各ショット毎に露光量制御を行なっているが、1ショットにおける露光時間は非常に短く、露光補正值の変化はほとんどないため、各ショット毎もしくは複数ショットから成る各ウエハ毎に1つの露光補正值  $\phi$  を算出し露光を行なっても良い。

【0032】図3は各ショット毎に1つの露光補正值  $\phi$  を算出し露光を行なったときの説明図である。時間  $t_0 \sim t_1$  の間に第1ショット、 $t_2 \sim t_3$  の間に第2ショット、 $t_4 \sim t_5$  の間に第3ショットの露光を行なっている各時間の露光補正值の変化が点線で示されている。

【0033】本実施例において、第1ショットでは露光補正值  $\phi_0$  を、第2ショットでは露光補正值  $\phi_2$  を、第3ショットでは露光補正值  $\phi_4$  を各ショット毎固定の露光補正值として用いている。各露光補正值( $\phi_1$ 、 $\phi_2$ 、 $\phi_3$ ...)の算出の仕方は実施例1と同じである。

【0034】図4は各ウエハ毎に1つの露光補正值を算出し露光を行なった説明図である。時間  $t_0 \sim t_1$  の間に第1ウエハ、時刻  $t_2$  から第2ウエハの露光を行っており、各ウエハの露光には多数のショットの露光が含

み込まれている。

$$\phi_K = f_1(t_K - t_0, e_A, e_B, \phi_0) \quad \dots (1)$$

となる。

【0028】ここで  $e_A$  は結像レンズ11に入射する光量の単位時間当りの光量、 $e_B$  は投影光学系Bに入射する光量の単位時間当りの光量、 $\phi_0$  は露光開始直前の露光補正值であり、この場合  $\phi_0 = 1$  である。光量  $e_A$ 、 $e_B$  は光分割部材8からの反射光、マスキングブレード10の開口面積  $S_{\square}$ 、レチクル12の平均透過率  $R_r$  に依存するため、(1)式は、

まれている。

【0035】本実施例においては、各ウエハ露光時に固定の露光補正值を用いている。この場合、1ウエハの露光の間に何回もの露光、非露光が繰り返されるが、刻々と露光補正值を算出してゆき、露光補正值  $\phi_1$  を算出しても良いし、各ショット間の非露光時間は短いので1ウエハの露光全体を1つの露光と考え平均入射光量より露光補正值  $\phi_1$  を算出しても良い。

【0036】又、環境変化により透過率の変動が起こる場合、不図示のセンサーで環境の変化をモニターし、その結果と演算による補正を加えた方がよい。

【0037】図5は本発明の実施例2の要部概略図である。

【0038】本実施例は図1の実施例1に比べて光源としてKrFエキシマレーザ等のパルス発光する光源20を用いている点が異なり、その他の構成は同じである。

【0039】本実施例では1ショット露光の間にも露光、非露光が繰り返されるので前述した平均入射光量という概念が適用される。

【0040】尚、以上の各実施例では露光履歴により露光補正值を算出してゆく例を示したが、各ショット、各ウエハ又は各ウエハロット毎に露光量検出器17を用いてキャリブレーションし直接露光補正值を算出しても良い。

【0041】又、実行時に露光補正值の計算値と実際の値のズレを補正するため、ある期間毎にキャリブレーションを行なっても良い。

【0042】

【発明の効果】本発明によれば以上のように、光分割部材からウエハに至る光路中の各光学要素の露光履歴による透過率の変動情報を予め求めて演算手段に記憶しておき、光検出器からの信号と制御手段に記憶しておいた透過率の変動情報とを利用することにより、ウエハ面上への露光光量を適切に制御し、高集積度の半導体素子が得られるようにした投影露光装置及びそれを用いた半導体素子の製造方法を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

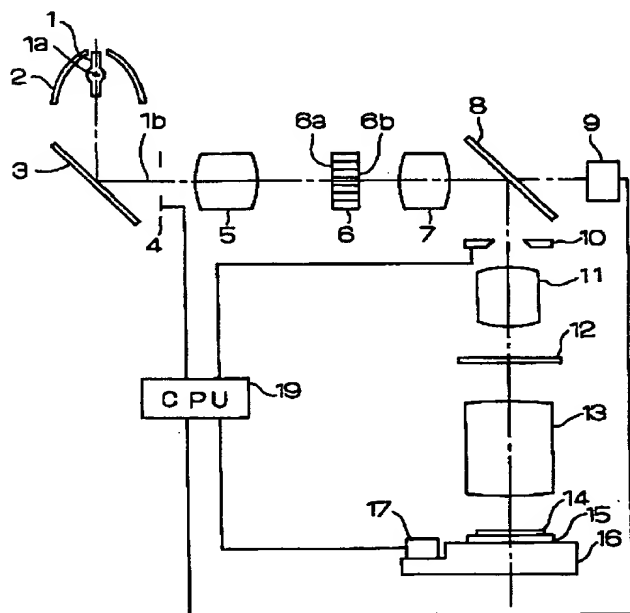
- 【図 1】 本発明の実施例 1 の要部概略図  
 【図 2】 本発明の実施例 1 に係る露光補正值の説明図  
 【図 3】 本発明の実施例 1 に係る露光補正值の説明図  
 【図 4】 本発明の実施例 1 に係る露光補正值の説明図  
 【図 5】 本発明の実施例 2 の要部概略図

【符号の説明】

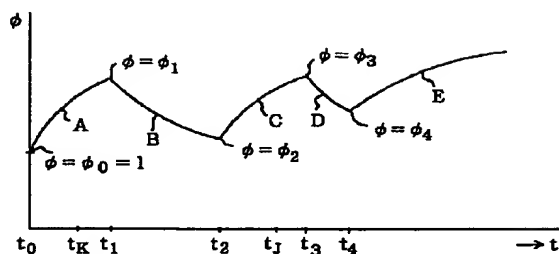
- 1, 20 光源  
 2 楕円鏡  
 3 コールドミラー  
 4 シャッター  
 5 光学系

- 6 オプティカルインテグレータ  
 7 集光レンズ  
 8 光分割部材  
 9 積算光量検出器  
 10 マスキングブレード  
 11 結像レンズ  
 12 レチクル  
 13 投影光学系  
 14 ウエハ  
 17 露光量検出器  
 19 演算手段

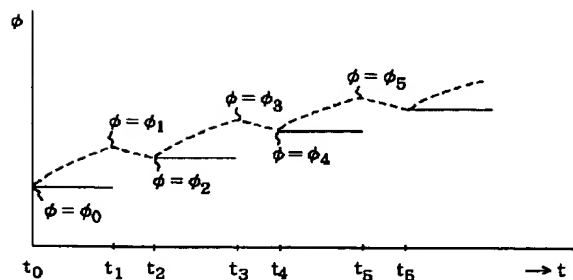
【図 1】



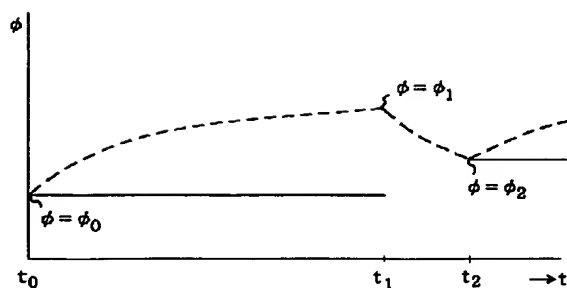
【図 2】



【図 3】



【図 4】





【図5】

